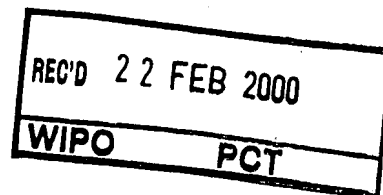


Helsinki 4.2.2000

09/763371
PCT/FI99/00963

4
ETUOIKEUSTODISTUS
PRIORITY DOCUMENT



Hakija
Applicant

Tellabs Oy
Espoo

FI 99/963

Patenttihakemus nro
Patent application no

982509

Tekemispäivä
Filing date

19.11.1998

Kansainvälinen luokka
International class

H04L

Keksinnön nimitys
Title of invention

"Menetelmä monikantoaaltojärjestelmää soveltavien modeemien taajuus-
kaistajaon määrittämiseksi sekä menetelmää soveltava järjestelmä"

Täten todistetaan, että oheiset asiakirjat ovat tarkkoja jäljennöksiä
patentti- ja rekisterihallitukselle alkuaan annetuista selityksestä,
patenttivaatimuksista, tiivistelmästä ja piirustuksista.

This is to certify that the annexed documents are true copies of the
description, claims, abstract and drawings originally filed with the
Finnish Patent Office.

Pirjo Kalla
Tutkimussihteeri

**PRIORITY
DOCUMENT**
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

Maksu 300,- mk
Fee 300,- FIM

Menetelmä monikantaaaltojärjestelmää soveltavien modeemien taajuuskaistajaon määrittämiseksi sekä menetelmää soveltava järjestelmä

5 Keksinnön kohteena on patenttivaatimuksen 1 johdannon mukainen menetelmä monikantaaaltojärjestelmää soveltavien modeemien tiedonsiirtoon käytettävien taajuuskaistojen sijoittelun sekä leveyksien määrittämiseksi.

10 Keksinnön kohteena on myös järjestelmä monikantaaaltojärjestelmää soveltavien modeemien taajuuskaistajaon optimoimiseksi.

Keksinnön kohteena on siis menetelmä, jonka avulla modeemiyhteydessä suojaudutaan radiotaajuisilta häiriöiltä, joiden taajuuksia ei voi pitää ennalta tunnettuina. Keksinnön kohteena on myös laitteisto, jonka avulla modeemiyhteydessä suojaudutaan e.m. radiotaajuisilta häiriöiltä. Menetelmä soveltuu modeemeihin, joissa käytetään yleisesti
15 tunnettuja lineaarisia modulaatiomenetelmiä: QAM (Quadrature Amplitude Modulation) ja CAP (Carrierless Amplitude/Phase modulation).

Kuparikaapelia pitkin tullaan siirtämään yhä suurempia nopeuksia. ETSI:n (European Telecommunication Standards Institute) työryhmä on työstämässä VDSL-modeemin (Very High Speed Digital Subscriber Line) määrittelyä. Suurimmat siirtonopeudet ovat
20 kymmeniä megabittejä sekunnissa, ja taajuusalue, millä siirto tapahtuu, on 300 kHz:n ja 30 MHz:n välillä.

Tällä taajuusalueella operoitaessa käyttäen useiden megahertsien levyisiä kaistoja tulevat erilaiset radiotaajuiset häiriöt ongelmaksi etenkin niissä maissa, joissa käytetään
25 ilmakaapeleita tilaajakaapelina (mm. Suomessa maaseudulla). Mainitulla taajuusalueella on runsaasti AM-radioasemia ja lisäksi radioamatööritoimintaa. Modeemiyhteyden vastaanotinta radioaallot saattavat häiritä kytkeytymällä ilmakaapeliin ja muuttumalla kaapelissa osittain ns. poikittaiseksi häiriöksi, joka voi edetä kaapelia pitkin
30 vastaanottimeen. Toisaalta modeemiyhteys voi itse häiritä radiotoimintaa, koska kaapelissa kulkeva moduloitu signaali sisältää tehoa radiotaajuuksilla ja tämä teho osaksi säteilee ympäristöön.

Modeemin suunnittelun kannalta radiohäiriöt voidaan jakaa kahteen kategoriaan. Häiriöihin, joiden taajuus on ennalta tunnettu ja häiriöihin joiden taajuus ei ole ennalta tunnettu. Ennalta tunnetun taajuisia radiohäiriöitä ovat radioamatööri-toiminnasta johtuvat

5 häiriöt, koska amatööri-toiminta tapahtuu tietyillä kansainvälisesti standardoiduilla taajuuskaistoilla. Sen sijaan lukuisten AM-asemien lähetykset kuuluvat häiriöihin, joiden taajuuksia ei voida katsoa modeemin suunnitteluvaiheessa ennakolta tunnetuiksi, koska eri maissa lähetystaajuudet vaihtelevat huomattavasti.

- 10 Tietynsuuntainen yhteys (tilaajalta keskukseen, US (Up Stream) tai keskukselta tilaajaan, DS (Down Stream)) voidaan toteuttaa käyttäen yhtä yhtenäistä taajuuskaistaa (1) tai useampia taajuuskaistoja (2) kuvion 1 mukaisesti. Käytettäessä useampia taajuuskaistoja voi kaistojen välissä olla alue, jolle ei käytännöllisesti katsoen syötetä tehoa (3) (engl. guard band), tai kaistat voivat olla osittain limittäin kuvion 2 mukaisesti. Limittäisten
- 15 kaistojen yhteydessä tilanne on ikään kuin olisi yksi yhtenäinen kaista, mutta modulaatiotekniikan näkökulmasta useasta kaistasta puhuminen on kuitenkin mielekästä.

- Periaatekaavio järjestelmästä, jossa siirtosuuntaa kohden käytetään useampia kuin yhtä taajuuskaistaa, on esitetty yhden siirtosuunnan osalta kuviossa 3. Siirrettävä data (D)
- 20 jaetaan rinnakkaisiin haaroihin ($D_1 \dots D_n$), jotka ylösmoduloidaan ($m_1 \dots m_n$) kukin omalle kaistalleen taajuusalueessa. Tällöin muodostuvat osasignaali $S_1 \dots S_n$, joiden summa on kanavassa kulkeva hyötysignaali (S). Vastaanotossa tietyt toiminnot (h) (esim. osa suodatukselta) kohdistetaan tulevaan signaaliin (S). Tämän jälkeen signaalista erotetaan ja alasmoduloidaan ($m'_1 \dots m'_n$) kutakin kaistaa vastaavat osuudet ($s_1 \dots s_n$),
- 25 joille suoritetaan tarvittavat muut vastaanottimessa tehtävät operaatiot kuten kanavakorjaus, ilmaisu, ajastus ja tarvittavat suodukset (k). Vastaanotettu datavirta (d) muodostetaan yhdistämällä rinnakkaiset datavirrat $d_1 \dots d_n$. Vastaanotettu datavirta (d) on sama kuin lähetetty datavirta (D), jollei siirtovirheitä ole. Tässä tekstissä kutakin osasignaalia vastaavia taajuuskaistoja nimitetään jatkossa alikaistoiksi (engl. sub-band).
- 30 Tiettyyn suuntaan (US tai DS) signaalia siirtävien alikaistojen ei tarvitse olla taajuusalueessa vierekkäin vaan erisuuntaiset alikaistat voivat olla eri tavoilla lomittain. Jatkossa esitettävän tarkastelun kannalta ei ole merkitystä sillä, mikä on yksittäisen

alikaistan siirtosuunta. Alikaistojen keskitaajuksia nimitetään kantoaalloiksi (engl. Carrier) ja järjestelmää, jossa on siirtosuuntaa kohden vain yksi alikaista nimitetään yksikantoaaltojärjestelmäksi (engl. Single Carrier) ja järjestelmää, jossa on siirtosuuntaa kohden useita alikaistoja nimitetään monikantoaaltojärjestelmäksi (engl. Multi Carrier).

5

Yksikantoaaltojärjestelmässä käytettävän taajuuskaistan leveys on VDSL nopeuksilla useita megahertsejä, tyypillisesti 1 – 12 MHz. Kanavan amplitudi- ja vaihevääristymä on korjattava adaptiivisillä vastaanotinkorjaimilla. Amplitudi- ja vaihevääristymän voimakkuus on verrannollinen taajuuskaistan leveyteen ja sitä kautta siirtonopeuteen (symbolitaajuuteen). Tästä seuraa, että siirtonopeuden kasvattaminen pidentää tarvittavaa vastaanotinkorjainten ajallista pituutta. Korjainten ajallisen pituuden kasvattaminen vaatii korjainten tappikertoimien (engl. Tap Coefficient) lukumäärän lisäämistä. Tappikertoimien lukumäärän kasvu taas osaltaan lisää tarvittavien laskutoimitusoperaatioiden määrää ja siten myös mikropiirien tehon kulutusta, mikä on kriittinen suure laitteiston toimivuuden kannalta. Etuna yksikantoaaltojärjestelmässä on kiinteiden lähetys- ja vastaanotinsuodatinten yksinkertaisuus verrattuna monikantoaaltojärjestelmiin.

15

Monikantoaaltojärjestelmän alikaistat voivat olla taajuusalueessa keskenään joko saman levyisiä tai eri levyisiä ja ne voivat sijaita taajuusalueessa joko tasa- tai epätasavälisesti. Perinteisessä DMT-modulaatiossa (discrete multitone) alikanavat ovat keskenään samanlevyisiä ja ne sijaitsevat tasavälisesti. DMT muodostetaan suodatinpankillä, joka toteuttaa lähetyspäässä käänteisen diskreetin Fourier-muunnoksen (IDFT) ja vastaanottopäässä diskreetin Fourier-muunnoksen (DFT) [Lee & Messerschmitt]. Sellaista suodatinpankkia, joka toteuttaa tasalevyiset ja tasanjakautuneet alikanavat kutsutaan tasajakoiseksi suodatinpankiksi (engl. uniform filterbank). Vastaavasti sellaista suodatinpankkia, joka ei täytä tasavälisyyden ja/tai -jakautuneisuuden ehtoa kutsutaan epätasajakoiseksi suodatinpankiksi (engl. non-uniform filterbank). Esim. lähteessä [Cox] on kuvattu sekä tasa- että epätasajakoisten suodatinpankkien muodostamista. Tällaisten suodatinpankkien avulla voidaan toteuttaa sekä tasa- että epätasajakautuneita monikantoaaltojärjestelmiä. Monikantoaaltojärjestelmän voidaan myös katsoa muodostuvan useista rinnakkaisista loogisesti, muttei välttämättä implementoinnillisesti,

30

itsenäisistä yksikantaaaltojärjestelmistä. Kuviossa 3 kukin haara (esim. m1-kanava-h-m'1-k) voi olla esimerkiksi perinteinen QAM-modulaatiota soveltava järjestelmä. Kuvaus QAM-modulaatiosta on mm. lähteessä [Lee & Messerschmitt].

- 5 Monikantaaaltojärjestelmien etu yksikantaaaltojärjestelmään nähden on se, että monikantaaaltojärjestelmissä voidaan tiedonsiirto allokoida niille taajuusalueille, joilla on paras signaalikohinasuhde ja toisaalta niiden taajuusalueiden välttäminen on helppoa, joille modeemin ei ole sallittu aiheuttaa häiriötä. Haittapuolena monikantaaaltojärjestelmissä on lähetin- ja vastaanotinsuodatinrakenteiden
- 10 (suodatinpankki) monimutkaisuus sekä suuri signaalin huippu- ja tehollisarvojen suhde verrattuna yksikantaaaltojärjestelmään. Monimutkaisuus lisääntyy alikaistojen lukumäärän kasvaessa, mutta suuri alikaistojen lukumäärä on kokonaissiirtokapasiteetin kannalta edullista, koska tällöin voidaan parhaiten hyödyntää niitä taajuusalueita, joilla on paras signaalikohinasuhde. Alikaistojen lukumäärän kasvaessa ja
- 15 kokonaissiirtokapasiteetin ollessa vakio joko kaikki alikaistat tai ainakin osa niistä kaventuvat. Impulssihäiriötoleranssi paranee alikaistan kaventuessa, koska tällöin symbolin ajallinen kesto pitenee.

- Edelleen alikaistan kaventaminen sallii korjainten ajallisen pituuden lyhentämisen, koska
- 20 kaistan kaventuessa kanavavääristymä heikkenee. Tämä vähentää kaikkien alikaistojen korjaimien vaatimaa laskuoperaatioiden kokonaismäärää aikayksikössä. Alikaistojen lukumäärän lisääntyminen kompensoituu sillä, että kaikkien tai osan alikaistoista symbolitaajuus ja siten myös korjaimien laskentataajuus pienenee.

- 25 Seuraavaksi tarkastellaan, miten edellä esitetyillä tunnettuun tekniikkaan perustuvilla menetelmillä voidaan hoitaa radiohäiriöistä johtuvaa ongelmaa vastaanottimessa.

- VDSL-Yksikantaaaltojärjestelmässä yksittäisen radiohäiriön kaista on oleellisesti kapeampi kuin signaalin siirtokaista. Tällöin yksittäistä radiohäiriötä voidaan pitää
- 30 taajuusalueessa pistemäisenä häiriönä. Toisaalta VDSL-yksikantaaaltojärjestelmässä signaalin siirtokaista on niin leveä, että radiohäiriöiden osumista siirtokaistalle ei yleensä voida välttää. Tällaiset pistemäiset häiriöt voidaan eliminoida kaistanestosuodattimilla.

Mikäli radiohäiriöiden taajuudet ovat ennakolta tiedossa voidaan käyttää kiinteitä tietyille taajuusalueille suunniteltuja kaistanestosuodattimia, jotka voivat olla analogisia, digitaalisia tai molempia. Mikäli radiohäiriöiden taajuudet eivät ole ennakolta tiedossa, joudutaan käyttämään adaptiivista suodatinta, joka tapauskohtaisesti muodostaa tarvittavat estokaistat radiohäiriöiden esiintymistaajuuksille.

Kiinteät kaistanestosuodattimet aiheuttavat lisävääristymää, jonka kompensoimiseksi vastaanotinkorjainten ajallista pituutta ja sitä kautta tappikerrointen lukumäärää on kasvatettava. Tällöin laskentatyön määrä kasvaa. Lisäksi estokaistojen asettaminen signaalin siirtokaistalle heikentää signaalikohinasuhdetta joskus jopa huomattavasti [Salz]. Adaptiivisen suodattimen käyttö merkitsee käytännössä sitä, että lineaarisen vastaaotinkorjaimen (FFE) ajallista pituutta kasvatetaan niin paljon, että se kykenee hoitamaan osuutensa kanavavääristymän korjaamisesta ja lisäksi muodostamaan tarvittavat estokaistat. Takaisinkytketyn vastaanotinkorjaimen (DFE) ajallista pituutta on myös kasvatettava, jotta se pystyisi hoitamaan osuutensa kanavavääristymän korjaamisesta ja lisäksi kompensoimaan lineaariseen osaan muodostuneiden estokaistojen hyötysignaalia vääristävän vaikutuksen. Signaalikohinasuhteen heikkenemiseen pätee sama kuin kiinteiden kaistanestosuodatinten yhteydessä.

Monikantaaaltojärjestelmissä voidaan käyttää kahta erilaista yleisesti tunnettua menetelmää radiohäiriöiltä suojautumiseen. 1) Taajuusalue, jolle radiohäiriö osuu, voidaan jättää käyttämättä signaalin siirtoon, tai kyseisellä 2) taajuusalueella käytetään sopivaa suodatusta radiohäiriöiden poistamiseksi samalla tavalla kuin yksikantaaaltojärjestelmässä.

Sellaisten radiohäiriöiden osalta, joiden taajuudet ovat ennakolta tunnettuja, on ensin mainitun menetelmän soveltaminen käytännössä sitä, että tiedonsiirtoon käytettävät alikaistat allokoidaan niille taajuusalueille, joilla k.o. radiohäiriöitä ei esiinny.

Niiden radiohäiriöiden osalta, joiden taajuudet eivät ole ennakolta tunnettuja, ensinmainittu menetelmä sopii tapaukseen, jossa kantaaltoja on paljon; kymmeniä tai satoja. Periaate on esitetty kuviossa 4. Sopivan virhekriteerin perusteella päätellään,

milloin jokin alikaista (2) on radiohäiriön (4) kohteena, ja häiriön ollessa niin suurta ettei k.o. alikaista kykene siirtämään hyötysignaalia riittävän hyvälaatuisesti, lopetetaan tiedonsiirto kyseisellä alikaistalla. Muutaman (1-10) alikaistan käyttämättä jättäminen ei häiritsevästi vähennä siirtokapasitettia [bits/s], koska yhden alikaistan osuus järjestelmän kokonaissiirtokapasiteetista on hyvin pieni. Tiedonsiirto siis allokoituu tapauskohtaisesti niille taajuusalueille, joilla radiohäiriöitä ei esiinny. Haittapuolena järjestelmässä, jossa on kymmeniä tai satoja kantoaaltoja, on lähetin- ja vastaanotinrakenteiden monimutkaisuus sekä suuri signaalin huippu- ja tehollisarvojen suhde.

10 Sellaisessa monikantaaaltojärjestelmässä, jossa alikaistoja on niin vähän, että tiedonsiirron lopettaminen yhdelläkin alikaistalla aiheuttaisi siirtokapasiteetin pienenemisen häiritsevästi, täytyy ennalta tuntemattomilla taajuuksilla esiintyvät radiohäiriöt vaimentaa adaptiivisillä suodattimilla periaatteessa samoin kuin yksikantaaaltojärjestelmässä. Tähän varautuminen kasvattaa signaalinkäsittelyyn
15 tarvittavien laskutoimitusten lukumäärää aikayksikössä ja sitä kautta mikropiirien tehon kulutusta. Jatkossa aikayksikköä kohden tarvittavien laskutoimitusten lukumäärän ylärajaa kutsutaan laskentakapasiteetiksi.

Mikäli häiriö on riittävän heikkotehoinen, voidaan tilannetta hoitaa vähentämällä
20 kyseisen alikaistan bittinopeutta, jolloin häiriötoleranssi kasvaa ilmaisintasojen lukumäärän pienentyessä. Tämäkin menetelmä sopii paremmin tilanteeseen, jossa on paljon alikaistoja (kymmeniä - satoja), koska tällöin muutaman alikaistan bittinopeuden vähentäminen ei häiritsevästi vähennä kokonaissiirtokapasitettia.

25 Tämän keksinnön tarkoituksena on poistaa edellä kuvatun tekniikan puutteellisuudet ja aikaansaada aivan uudentyypinen menetelmä monikantaaaltojärjestelmää soveltavien modeemien alikaistajaon määrittämiseksi sekä käytettävissä olevan signaalinkäsittelyyn tarvittavan laskentakapasiteetin optimaaliseksi jakamiseksi eri alikaistojen kesken.

30 Keksinnön mukainen alikaistajako toteutetaan siten, että siirtokaista jaetaan muita alikaistoja kapeampiin alikaistoihin niillä taajuusalueilla, joilla esiintyy tilastollisesti katsoen eniten ennalta tiedossa olemattomia häiriötaajuuksia.

Täsmällisemmin sanottuna keksinnön mukaiselle menetelmälle on tunnusomaista se, mikä on esitetty patenttivaatimuksen 1 tunnusmerkkiosassa.

- 5 Keksinön mukaiselle järjestelmälle puolestaan on tunnusomaista se, että kapeimmat alikaistat sijaitsevat niillä taajuusalueilla, joilla esiintyy tilastollisesti katsoen eniten ennalta tiedossa olemattomia häiriötaajuuksia.

- 10 Keksinön mukainen laskentakapasiteetin jako eri alikaistojen kesken toteutetaan siten, että käytettävissä olevasta laskentakapasiteetista varataan suurempi osuus, kuin mihin perinteinen suunnittelu johtaisi, niille alikaistoille, jotka sijaitsevat niillä taajuusalueilla, joilla esiintyy tilastollisesti katsoen eniten ennalta tiedossa olemattomia häiriötaajuuksia.

- 15 Keksinön yhdessä edullisessa sovellusmuodossa laitteistoon järjestetään mahdollisuus siihen, että käytettävissä olevan laskentakapasiteetin jakoa eri alikaistojen kesken voidaan tapauskohtaisesti muuttaa joko automaattisesti tai manuaalisesti.

- 20 Keksinön mukaiselle järjestelmälle on ominaista se että, laskentakapasiteetin jako eri alikaistojen kesken on toteutettu siten, että käytettävissä olevasta laskentakapasiteetista varataan suurempi osuus, kuin mihin perinteinen suunnittelu johtaisi, niille alikaistoille, jotka sijaitsevat niillä taajuusalueilla, joilla esiintyy tilastollisesti katsoen eniten ennalta tiedossa olemattomia häiriötaajuuksia.

- 25 Täsmällisemmin sanottuna keksinnön mukaiselle järjestelmälle on tunnusomaista se, mikä on esitetty patenttivaatimuksen 8 tunnusmerkkiosassa.

Keksinnön avulla saavutetaan huomattavia etuja.

- 30 Keksinön mukaisella alikaistajaolla saavutetaan seuraavat hyödyt:

Yksittäiselle alikaistalle osuvien radiohäiriöiden hättavaikutusta saadaan vähenemään, koska alikaistalle tulevien radiohäiriöiden lukumäärä pienenee (radiohäiriöiden

lukumäärästä puhuminen on mielekästä, koska yksittäistä häiriötä voidaan pitää taajuusalueessa pistemäisenä).

5 Järjestelmän monimutkaisuus ei lisäänny tarpeettomasti, koska alikaistoja kavennetaan vain siellä, missä se on eniten hyödyllistä, jolloin alikaistojen lukumäärän lisäys on vähäinen.

10 Keksinnön mukaisella laskentakapasiteetin jaolla eri alikaistojen kesken saavutetaan seuraavat hyödyt:

Käytettävissä oleva laskentakapasiteetti voidaan laitteen suunnitteluvaiheessa allokoida sinne, missä se on tilastollisesti katsoen hyödyllisintä.

15 Käytettävissä oleva laskentakapasiteetti voidaan laitteen käytön ja/tai toiminnan aikana osoittaa joko manuaalisesti tai automaattisesti sinne, missä se on kussakin tilanteessa hyödyllisintä.

20 Keksintöä ryhdytään seuraavassa lähemmin tarkastelemaan oheisten kuvioiden mukaisten suoritusesimerkkien avulla.

Kuvio 1 esittää graafisesti tunnetun tekniikan mukaista signaalin siirtoa yhdellä yhtenäisellä taajuuskaistalla.

25 Kuvio 2 esittää graafisesti tunnetun tekniikan mukaista signaalin siirtoa usealla ei päällekkäin olevalla taajuuskaistalla.

Kuvio 3 esittää graafisesti tunnetun tekniikan mukaista signaalin siirtoa usealla osittain päällekkäin olevalla taajuuskaistalla.

30 Kuvio 4 esittää tunnetun tekniikan mukaisen monikantoaaltojärjestelmän yhden siirtosuunnan (US tai DS) lohkokaaviota.

Kuvio 5 esittää graafisesti yhtä keksinnön mukaista siirtokaistan jakoa useisiin alikanaviin modeemilaitteistossa.

Tässä asiakirjassa on käytetty seuraavia lyhenteitä:

5

AM	Amplitudimoduloitu
CAP	Carrierless Amplitude/Phase modulation
DFE	Decision feedback equaliser
DFT	Discrete Fourier Transform
10 DMT	Discrete multitone
DS	Down stream (siirtosuunta keskuksesta tilaajaan päin)
ETSI	European Telecommunication Standards Institute
FFE	Feed forward equaliser
IDFT	Inverse Discrete Fourier Transform
15 QAM	Quadrature Amplitude Modulation
US	Up stream (siirtosuunta tilaajalta keskukseen päin)
Tappi	Digitaalisen suodattimen kerroin, jolla kerrotaan käsiteltävän signaalin näytearvoa

- 20 Keksinnön kohteena on menetelmä ja laitteisto, jolla suojaudutaan ennalta tuntemattomilla taajuuksilla esiintyviä radiohäiriöitä vastaan monikantaaaltojärjestelmässä, jossa alikaistojen lukumäärä siirtosuuntaa kohden on 2 – 5. Tällaisessa järjestelmässä alikaistan sulkeminen tai sen bittinopeuden vähentäminen pienentää kokonaissiirtokapasiteettia häiritsevästi; jopa kymmeniä prosentteja. VDSL-
- 25 sovelluksessa tällaisen monikantaaaltojärjestelmän alikaistan leveys on luokkaa 0.3 – 4 MHz, jolloin radiohäiriöitä voidaan pitää taajuusakselilla pistemäisinä häiriöinä samoin kuin yksikantaaaltojärjestelmässä.

- 30 Perinteisesti monikantaaaltojärjestelmissä on alikaistat sijoitettu niille taajuusalueille, joilla signaalikohinasuhde on edullisin ja toisaalta niitä taajuusalueita ei käytetä, joille häiriötehon tuottaminen on kielletty. Alikaistojen sopiva sijoittelu tunnetuilla taajuuksilla esiintyvien radiohäiriöiden kiertämiseksi on alan ammattilaiselle selvää. Sen sijaan muita

radiohäiriöitä ei voida kiertää alikaistojen sopivalla sijoittelulla suunnitteluvaiheessa, koska k.o. radiohäiriöiden taajuudet voivat vaihdella huomattavasti maittain ja jopa paikkakunnittain. Jatkossa radiohäiriöillä tarkoitetaan yksinomaan sellaisia radiohäiriöitä, joiden taajuudet ovat modeemin suunnittelun kannalta ennalta
5 tuntemattomia.

Tämä keksintö koostuu kolmesta osasta, joista ensimmäinen on uusi menetelmä alikaistakonfiguraation määrittämiseen ja sitä soveltava laitteisto.

10 Keksinnön ensimmäinen osa perustuu siihen, että radiohäiriöiden haittavaikutus on verrannollinen alikaistalle osuvien radiohäiriöiden lukumäärään. Lukumäärä on laskettavissa oleva suure, koska häiriöitä voidaan pitää taajuusalueessa pistemäisinä.

Uutta on se, että keksinnön mukaisessa monikantaaaltojärjestelmässä varaudutaan
15 ennalta tuntemattoman taajuisia radiohäiriöitä vastaan valitsemalla taajuuskaistaltaan kapeammat alikaistat niille taajuusalueille, joilla radiotoiminta on yleisintä ja joilla radioasemia esiintyy taajuusakselilla tiheimmin, tällainen taajuusalue on tyypillisesti 90 kHz – 3,6 MHz. Keksinnön kannalta ei ole merkitystä, mikä on kunkin alikaistan siirtosuunta (US tai DS).

20 Alikaidtojen sijoittelun periaate on esitetty kuviossa 5. Kapeimmat alikaistat (2) sijaitsevat alueella (5), missä esiintyy tilastollisesti katsoen eniten ennalta tiedossa olemattomia häiriötaajuuksia. Alikaidstat voivat olla limittäisiä tai niiden välissä voi olla suoja-alue (guard-band). Edelleen ei ole merkitystä, mikä on kunkin alikaistan
25 siirtosuunta (US tai DS).

Lähtökohtana voidaan luonnollisesti pitää myös yksikantaaaltojärjestelmää, jonka siirtokaista jaetaan alikaistoihin, jotka toteutetaan samalla menetelmällä kuin alkuperäinen yksikantaaaltojärjestelmä. Alikaidstajako toteutetaan siten, että kapeimmat
30 alikaistat syntyvät sinne, missä radiotoiminta on yleisintä ja radioasemia esiintyy taajuusakselilla tiheimmin. Alikaidstajaon jälkeen voidaan luonnollisesti kunkin alikaistan siirtosuunta valita vapaasti.

Keksinnön toinen osan lähtökohtana ovat seuraavat tunnetut asiat:

5 Laitteen toteutuksessa tarvittavien laskutoimitusten määrä aikayksikössä on rajoitettu mikropiirien tehokulutuksen/lämpenemisen, koon ja hinnan takia. Jatkossa tähän rajoitukseen viitataan termillä: laskentakapasiteetti.

10 Eri alikaistoihin liittyvien korjaimien ja/tai erillisten radiohäiriöiden vaimentamiseen tarkoitettujen adaptiivisten suodattimien tarvittavat ajalliset pituudet kasvavat alikaistalle osuvien radiohäiriöiden lukumäärän kasvaessa.

Korjainten ja/tai muiden adaptiivisten suodatinten ajallisen pituuden kasvattaminen lisää korjainten ja/tai muiden adaptiivisten suodatinten tappikertoimien lukumääriä ja sitä kautta tarvittavien laskutoimitusten määrää aikayksikössä.

15 Uutta on se, että keksinnön mukaisessa monikantoaaltojärjestelmässä varaudutaan ennalta tuntemattoman taajuisia radiohäiriöitä vastaan valitsemalla tappikerrointen lukumäärällä mitaten pisimmät korjaimet ja/tai pelkästään radiohäiriöiden vaimentamiseen tarkoitetut adaptiiviset suodattimet niille alikaistoille, jotka sijaitsevat
20 niillä taajuusalueilla, joilla radiotoiminta on yleisintä ja joilla radioasemia esiintyy taajuusakselilla tiheimmin, tyypillisesti 90 kHz – 3,6 MHz.

Perinteisellä pelkästään kanavavääristymään perustuvalla korjainten mitoituksella ei esim. kuvion 5 mukaisessa tilanteessa päädyttäisi samaan lopputulokseen.
25 Kanavavääristymään perustuva mitoitus johtaisi siihen, että alikaistakohtainen tappikerrointen lukumäärä olisi sitä pienempi mitä kapeampi alikaista on kysymyksessä. Tämän keksinnön mukaisessa mitoituksessa tilanne on päin vastoin. Alikaistaakohtainen tappikerrointen lukumäärä on suurin nimenomaan kapeimmilla alikaistoilla. Alikaistaakohtaisten tappikerrointen lukumäärän valinta merkitsee käytettävissä olevan
30 laskentakapasiteetin jakamista eri alikaistojen kesken.

Keksinnön kolmas osa on uusi menetelmä eri alikaistoihin liittyvien korjaimien ja/tai erillisten radiohäiriöiden vaimentamiseen tarkoitettujen adaptiivisten suodattimien pituuksien valintaan modeemin käytön yhteydessä ja sitä soveltava laitteisto

- 5 Keksinnön osat 1 ja 2 perustuvat a priori tietoon siitä, millä taajuusalueilla radiohäiriöitä esiintyy suurimmalla todennäköisyydellä. Keksinnön 2. osassa esitetyllä menetelmällä saadaan käytettävissä oleva laskentakapasiteetti jaettua tilastollisesti ottaen edullisella tavalla eri alikaistojen kesken. Yksittäisessä tapauksessa on kuitenkin mahdollista, että em. tilastolliseen ajatteluun perustuva laskentakapasiteetin jako ei ole optimaalinen.

10

- Uutta on se, että keksinnön mukaisessa monikantaaaltojärjestelmässä varaudutaan ennalta tuntemattoman taajuisia radiohäiriöitä vastaan siten, että eri alikaistoihin liittyvien korjaimien ja/tai erillisten radiohäiriöiden vaimentamiseen tarkoitettujen adaptiivisten suodattimien tappikerrointen määrät ovat parametrisoidut siten, että
15 käytettävissä olevan laskentakapasiteetin jakoa eri alikaistojen kesken voidaan tapauskohtaisesti muuttaa.

- Edelleen uutta on se, että järjestelmä varustetaan mekanismilla, joka kykenee modeemin toiminnan aikana muuttamaan käytettävissä olevan laskentakapasiteetin jakoa eri
20 alikaistojen kesken em. tappimääriä muuttamalla tiedonsiirron laadun ja/tai nopeuden optimoimiseksi. Optimointikriteeri voi olla esim. ilmaisinvirheen ja vierekkäisten ilmaisutasojen etäisyyden suhde.

Viitteet:

25

[Cox] R.V.Cox, *The design of uniform and nonuniform spaced pseudoquadrature mirror filters*, IEEE Trans. ASSP, Vol. 34, Oct. 1986, pp. 1090 – 1096.

- [Lee & Messerschmitt] E. A. Lee and D.G. Messerschmitt, *Digital Communication*,
30 Kluwer Academic Publishers 1994.

[Salz] J. Salz, *Optimum mean-square decision feedback equalization*, The Bell System Technical Journal, Vol. 52, No. 8, Oct. 1973, pp. 1341 – 1373.

Patenttivaatimukset:

1. Menetelmä monikantoaaltojärjestelmää soveltavien modeemien taajuuskaistajaon määrittämiseksi, jossa menetelmässä siirtokaista jaetaan ainakin yhteensä kolmeen
5 alikaistaan (2) molemmat siirtosuunnat mukaan luettuna, tunnettu siitä, että alikaistojen (2) leveys niillä taajuusalueilla (5), joilla suurimmalla todennäköisyydellä esiintyy ennalta tiedossa olemattomia häiriötaajuuksia (4), valitaan pienemmäksi kuin muiden alikaistojen (2) leveys ja mainittujen kapeampien alikaistojen lukumääräksi valitaan vähintään kaksi, kun lukumäärää laskettaessa molemmat siirtosuunnat otetaan huomioon.
- 10 2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että taajuusalueella 90 kHz – 3,6 MHz (5) sijaisevien alikaistojen (2) leveys valitaan vähintään 30% pienemmäksi kuin muiden alikaistojen leveys ja mainittujen kapeampien alikaistojen lukumääräksi valitaan vähintään kaksi, kun lukumäärää laskettaessa molemmat
15 siirtosuunnat otetaan huomioon.
3. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että menetelmässä varaudutaan ennalta tuntemattoman taajuisia radiohäiriöitä vastaan valitsemalla tappikerrointen lukumäärällä mitaten pisimmät korjaimet ja/tai pelkästään
20 radiohäiriöiden vaimentamiseen tarkoitetut adaptiiviset suodattimet niille alikaistoille (2), jotka sijaitsevat niillä taajuusalueilla (5), joilla radiotoiminta on yleisintä ja joilla radioasemia esiintyy taajuusakselilla tiheimmin.
4. Patenttivaatimuksen 3 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että taajuusalueella 90
25 kHz – 3,6 MHz (5) sijaiseviin alikaistoihin (2) liittyvät korjainten ja/tai pelkästään radiohäiriöiden vaimentamiseen tarkoitettujen adaptiivisten suodattimien tappikerrointen lukumäärät valitaan suuremmaksi kuin muualla taajuusalueessa sijaitseviin alikaistoihin liittyvät vastaavat tappikerrointen määrät.
- 30 5. Patenttivaatimuksen 3 tai 4 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että käytettävissä olevan laskentakapasiteetin jako eri alikaistojen kesken järjestetään tapauskohtaisesti

muutettavaksi siten, että alikaistoihin liittyvien tappikerrointen lukumääriä voidaan muuttaa.

- 5 6. Patenttivaatimuksen 3 tai 4 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että järjestelmä varustetaan mekanismilla, joka kykenee modeemin toiminnan aikana muuttamaan käytettävissä olevan laskentakapasiteetin jakoa eri alikaistojen kesken em. alikaistakohtaisia tappikerrointen määriä muuttamalla tiedonsiirron laadun ja/tai nopeuden optimoimiseksi.
- 10 7. Patenttivaatimuksen 6 mukainen menetelmä tunnettu siitä, että optimointikriteeriksi valitaan ilmaisinvirheen ja vierekkäisten ilmaisutasojen etäisyyden suhde.
- 15 8. Monikantoaaltojärjestelmä, jossa siirtokaista on jaettu ainakin yhteensä kolmeen alikaistaan molemmat siirtosuunnat mukaan luettuna, tunnettu siitä, että alikaistojen (2) leveys niillä taajuusalueilla (5), joilla suurimmalla todennäköisyydellä esiintyy ennalta tiedossa olemattomia häiriötaajuuksia (4), on pienempi kuin muiden alikaistojen (2) leveys ja mainittujen kapeampien alikaistojen lukumäärä on vähintään kaksi, kun lukumäärää laskettaessa molemmat siirtosuunnat otetaan huomioon.
- 20 9. Patenttivaatimuksen 8 mukainen järjestelmä, tunnettu siitä, että taajuusalueella 90 kHz – 3,6 MHz (5) sijaisevien alikaistojen (2) leveys on vähintään 30% pienempi kuin muiden alikaistojen leveys ja mainittuja kapeampia alikaistoja on vähintään kaksi, kun lukumäärää laskettaessa molemmat siirtosuunnat otetaan huomioon.
- 25 10. Patenttivaatimuksen 8 mukainen järjestelmä, tunnettu siitä, että järjestelmässä on varauduttu ennalta tuntemattoman taajuisia radiohäiriöitä vastaan valitsemalla tappikerrointen lukumäärällä mitaten pisimmät korjaimet ja/tai pelkästään radiohäiriöiden vaimentamiseen tarkoitetut adaptiiviset suodattimet niille alikaistoille (2), jotka sijaitsevat niillä taajuusalueilla (5), joilla radiotoiminta on yleisintä ja joilla
- 30 radioasemia esiintyy taajuusakselilla tiheimmin.

11. Patenttivaatimuksen 10 mukainen järjestelmä, tunnettu siitä, että taajuusalueella 90 kHz – 3,6 MHz (5) sijaiseviin alikaistoihin (2) liittyvät korjainten ja/tai pelkästään radiohäiriöiden vaimentamiseen tarkoitettujen adaptiivisten suodattimien tappikerrointen lukumäärät ovat suuremmat kuin muualla taajuusalueessa sijaitseviin alikaistoihin liittyvät vastaavat tappikerrointen määrät.

12. Patenttivaatimuksen 10 tai 11 mukainen järjestelmä, tunnettu siitä, että järjestelmä käsittää välineet muuttaa käytettävissä olevan laskentakapasiteetin jakoa eri alikaistojen kesken tapauskohtaisesti siten, että alikaistoihin liittyvien tappikerrointen lukumääriä voidaan muuttaa.

13. Patenttivaatimuksen 10 tai 11 mukainen järjestelmä, tunnettu siitä, että järjestelmä on varustettu mekanismilla, joka kykenee modeemin toiminnan aikana muuttamaan käytettävissä olevan laskentakapasiteetin jakoa eri alikaistojen kesken em. tappimääriä muuttamalla tiedonsiirron laadun ja/tai nopeuden optimoimiseksi.

14. Patenttivaatimuksen 13 mukainen järjestelmä tunnettu siitä, että optimointikriteeri on esim. ilmaisinvirheen ja vierekkäisten ilmaisutasojen etäisyyden suhde.

(57) Tiivistelmä:

Keksinnön kohteena on menetelmä ja järjestelmä monikantoaaltojärjestelmää soveltavien modeemien taajuuskaistajaon määrittämiseksi, jossa menetelmässä siirtokaista jaetaan ainakin yhteensä kolmeen alikaistaan (2) molemmat siirtosuunnat mukaan luettuna. Keksinnön mukaan alikaistojen (2) leveys niillä taajuusalueilla (5), joilla suurimmalla todennäköisyydellä esiintyy ennalta tiedossa olemattomia häiriötaajuuksia (4), valitaan pienemmäksi kuin muiden alikaistojen (2) leveys ja mainittujen kapeampien alikaistojen lukumääräksi valitaan vähintään kaksi, kun lukumäärää laskettaessa molemmat siirtosuunnat otetaan huomioon.

(Kuvio 5)

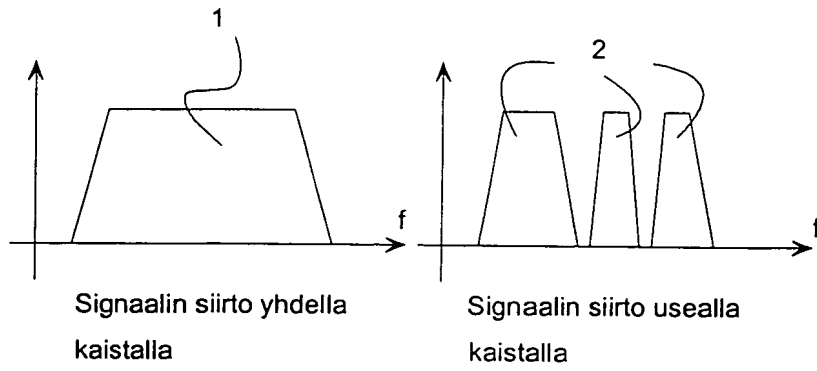


Fig. 1

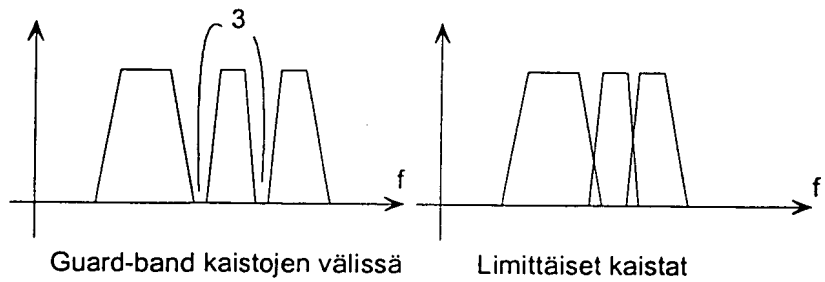


Fig. 2

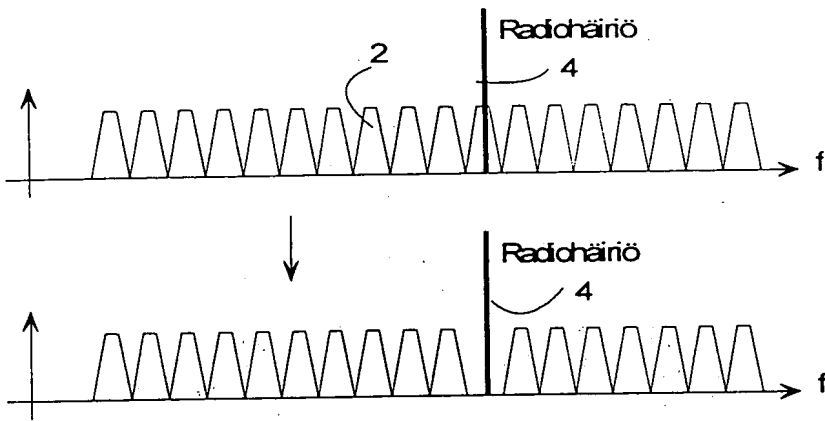


Fig. 4

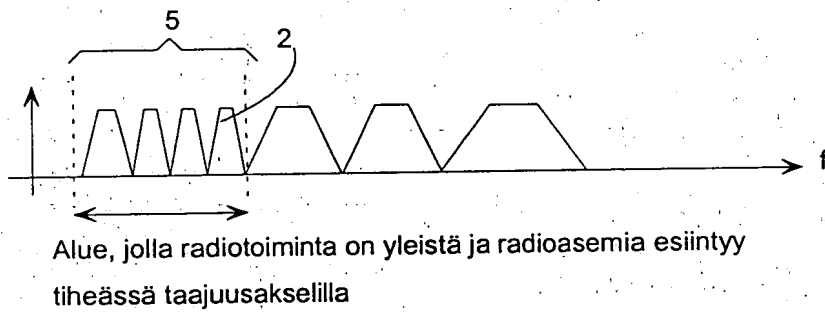
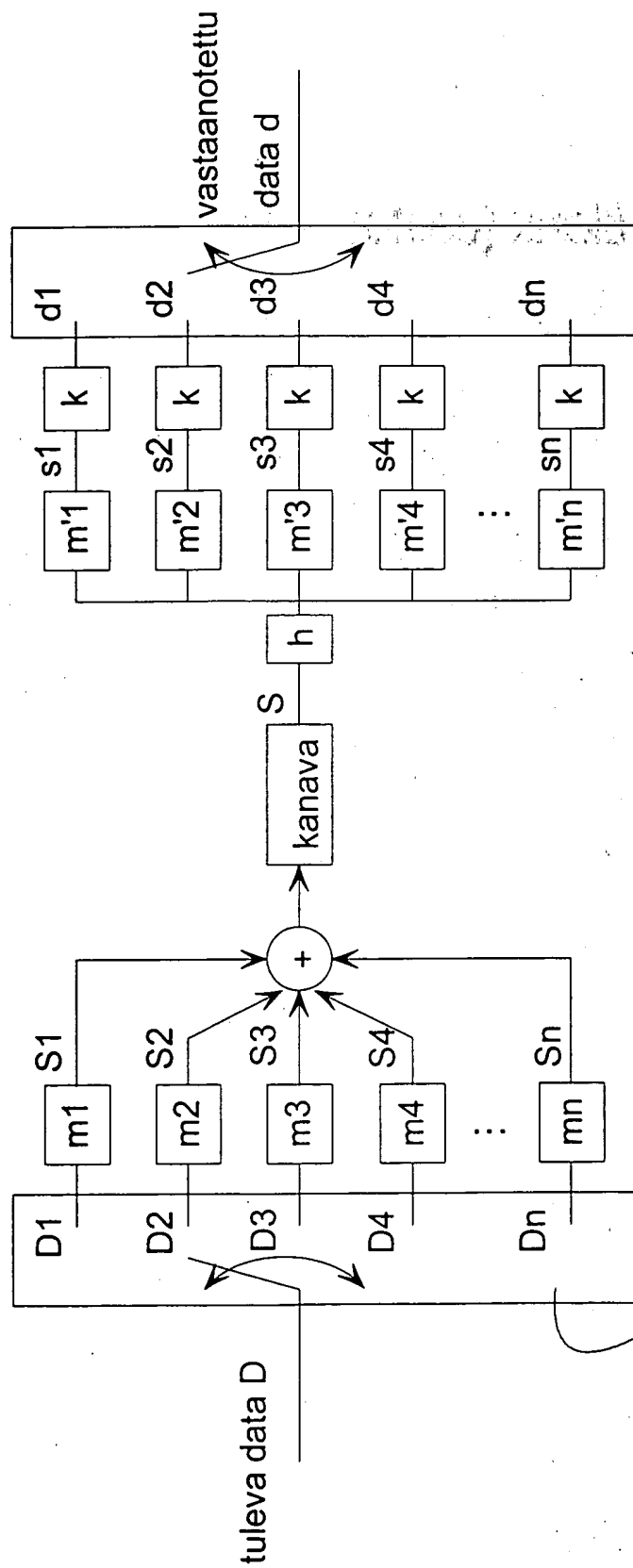


Fig. 5



jako rinnakkaisiin
haaroihin $D1 \dots Dn$

vastaanotetun datan
muodostus rinnakaista
datavirtahaaroista

Fig. 3

This Page Blank (uspto)